

ルータ内部の QoS 制御可視化システムにおける アニメーション生成機能の実装

Implementation of Animation Generation Function in QoS Control Visualization System Inside Router

藤井 勝央†

Katsuhisa Fujii

井口 信和‡§

Nobukazu Iguchi

1. 序論

スマートフォンやタブレット端末の普及、ネットワークの高度化や高品質の映像や音声を扱うアプリケーションの増加など様々な要因でデータトラフィック量は増加し続けている。総務省の令和3年度版情報通信白書[1]によると、ブロードバンド契約者の総ダウンロードトラフィック量は2020年11月時点で平均19.9Tbpsに達している。移動通信トラフィックにおいても2020年9月時点で平均4491.8Gbpsとなっており、1年間で約1.3倍に増加している。また、近年は新型コロナウイルス感染症の発生も通信量増加に大きな影響を与えている。総務省のインターネットトラフィック研究会報告書[2]によると感染症拡大に伴う移動制限によりテレワークでの業務時間、Web会議利用頻度、オンライン授業の受講時間、Youtube等の動画視聴時間のいずれも増加が見られた。

このような背景からネットワークトラフィックが増加した環境下でもリアルタイム性が要求されるトラフィックなどに対する、インターネット上での通信の品質(QoS: Quality of Service)を保証する必要性が高まっている。QoSを保証するための技術として優先制御や帯域制御などがある。ネットワーク機器に対してQoS制御を設定することで特定の通信を優先したり、帯域を確保することが可能となる。しかし、このような処理はルータ内部で実施されるため意図した通りにQoS制御が動作しているか確認するためにはルータから得られる統計情報などを確認し、判断する必要がある。

そこで本研究ではQoS制御の動作を視覚的に確認できる環境を提供することを目的とし、当研究室で開発してきたIPネットワーク構築演習支援システム[3]を用いてQoS制御可視化システム(以下、本システム)を開発する。本システムではUser Mode Linux(以下、UML)を用いて実装したルータに対してQoS制御の設定を施すことができ、ルータ内部でのQoS制御処理をアニメーションを用いて再現することが可能である。ルータ内部の動作を可視化することで自身で設定したQoS制御の動作を視覚的に確認できるため、QoS制御の動作検証システムとしての利用と、ネットワークエンジニアなどを対象とした学習システムとしての利用を想定している。

† 近畿大学大学院総合理工学研究科, Graduate School of Science and Engineering Research, Kindai University

‡ 近畿大学情報学部情報学科, Department of Informatics, Faculty of Informatics, Kindai University

§ 近畿大学情報学研究所, Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

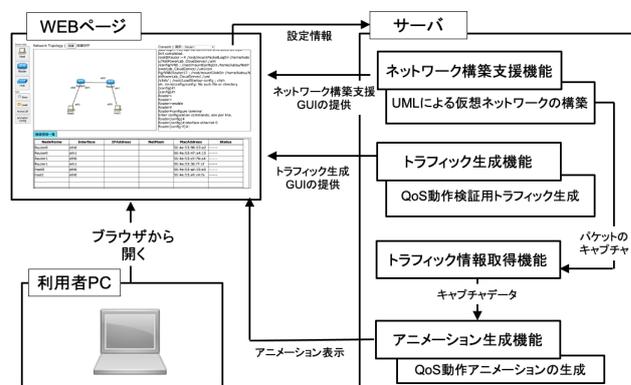


図1 システム構成

2. 関連研究

関連する研究として立岩らの研究[4]や鈴木らの研究[5]がある。立岩らの研究ではネットワーク上のパケットの流れやネットワーク機器内部のパケット処理など様々な情報をアニメーションで確認することができる。鈴木らの研究では実ネットワークでのトラフィックをリアルタイムで可視化し、ネットワークの輻輳や切断を瞬時に発見することが可能となる。

これらに対し、本システムではQoS制御についての設定することが可能である点やネットワーク機器内部でのキューイングやスケジューリングなどQoS制御の動作について可視化が可能である点が異なる。

3. 研究概要

本システムの構成を図1に示す。本システムはクライアントとサーバによって構成される。クライアントはブラウザから本システムにアクセスし、GUI上で機器の配置や結線、コマンドを入力することで仮想ネットワークを構築することができる。サーバはネットワーク構築支援機能、トラフィック生成機能、トラフィック情報取得機能、アニメーション生成機能の4つの機能を有している。各機能の詳細について以下に述べる。本システムではQoS制御についての設定とその動作の可視化を可能とする。可視化が可能な内容としてはパケットのマーキング、キューイング、スケジューリング、シェーピングがある。

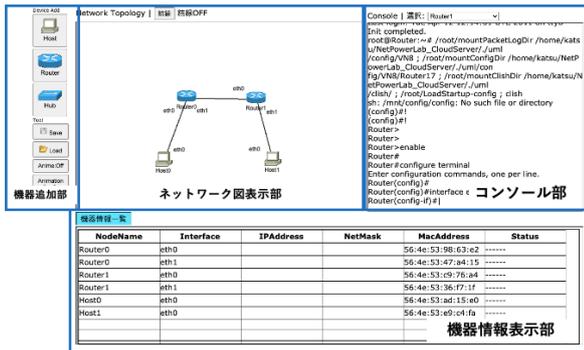


図2 ネットワーク構築支援 GUI

3.1. ネットワーク構築支援機能

ネットワーク構築支援機能はシステム利用者がネットワークを構築し、機器に設定するための GUI の提供と UML を用いた仮想ネットワークを構築する機能である。本機能が提供する GUI を図 2 に示す。

本システムの利用者は WEB ブラウザ上からこの GUI を操作する。GUI は機器追加部、ネットワーク図表示部、コンソール部、機器情報表示部からなる。GUI 上では機器追加部から機器をネットワーク図表示部に対してドラッグ&ドロップすることで機器が配置される。機器同士の結線はネットワーク図表示部で行うことができ、それぞれの機器に対してコンソール部から設定することが可能である。この GUI 上での機器の配置、結線、機器に対する設定したコマンドなどの情報はサーバに送信され、サーバ上で構築された仮想ネットワークに対して利用者の設定を反映させる。

3.2. トラフィック生成機能

トラフィック生成機能は生成するトラフィックを指定するための GUI を利用者に提供し、指定されたトラフィックを生成する機能である。GUI 上では送信元アドレスや宛先アドレス、ポート番号、通信プロトコルなどを指定する。指定された情報をもとに仮想ネットワーク上にパケットを生成する。トラフィックの生成はオープンソースのパケットジェネレータである hping3 を用いて実装する。

3.3. トラフィック情報取得機能

トラフィック情報取得機能は仮想ネットワーク上を流れるパケットをキャプチャし、記録する機能である。通信のキャプチャを実施できるアプリケーションには tcpdump や Wireshark などがあるが、これらは複数のインタフェースを同時にキャプチャ対象とすることができない。そこで本機能ではパケットキャプチャ用のライブラリである libpcap を用いてキャプチャプログラムを実装する。このプログラムは、仮想ネットワーク機器上で実行され、パケットのキャプチャを実行しているデバイス名、インタフェース名、インタフェースでのパケットの入出力方向、パケットキャプチャ時刻、パケットのデータの 5 つの情報を記録する。

3.4. アニメーション生成機能

アニメーション生成機能はトラフィック情報取得機能で記録したパケットデータの情報をもとにパケットの流れと QoS 制御のアニメーションを作成する機能である。トラフィック情報取得機能で取得するパケットの情報は各ネットワーク機器の全てのインタフェースでの入出力情報である。この情報を用いてネットワーク機器間、ネットワーク機器内部の 2 つの区間に分けてアニメーションを生成する。ま

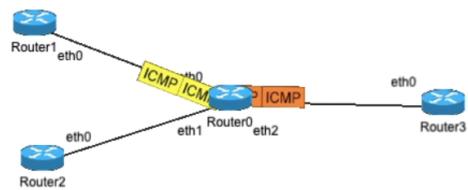


図3 マーキング処理の描画

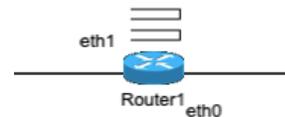


図4 キューイングキューの描画

た、パケットはプロトコル名を記載した四角形のオブジェクトとして描画する。

ネットワーク機器間の描画では送信元・宛先アドレス、GUI 上のルータ座標、パケットデータ情報をもとに対応する入出力パケットからアニメーションオブジェクトを生成し、始点と終点の座標を設定する。パケットの時刻情報から時系列順にこのオブジェクトを描画していくことで流れるパケットの様子を表現する。

ネットワーク機器内部のアニメーションの描画は機器の入出力パケット、機器に設定された情報を用いる。設定された QoS 制御によりその動作を以下のように描画する。

- ・ マーキング
入力パケットと出力パケットを比較し、ToS フィールド値に変更があれば、パケットオブジェクトの色を変更する。マーキング描画の様子を図 3 に示す。図 3 では Router1 から Router0 を経由し、Router3 に到達するパケットに対し、iptables を用いた ToS フィールドの書き換えを実施した。ToS フィールド書き換えるためのコマンドは Router0 に対して設定したため、Router0 の入力パケットと出力パケットの ToS フィールドの値が異なる。そこでパケットを表すオブジェクトの色を Router0 の入力時と出力時で変更することでマーキング処理を表現した。
- ・ キューイング・スケジューリング
ルータに設定された class-map、policy-map の情報をもとに必要なキュー数を取得し、キューイングするパケットの情報を保持するリストを作成する。またリストに対応するキューオブジェクトを描画する。入力パケット群と出力パケット群をそれぞれ時系列順にソートし、入力パケット群からパケットを取り出し、作成したリストに格納する。この時、パケットの情報から格納するリストを決定し、リストの要素数に合わせた場所へキューイングする様子を描画する。また、出力パケット群からパケットを取り出し、情報が一致するパケットをリストから削除すると同時にパケットを送出する様子を描画する。その後、リスト内の要素数の変更に応じて各オブジェクトの位置を変更する描画を実施する。キューイングキュー描画の様子を図 4 に示す。図 4 では policy-map

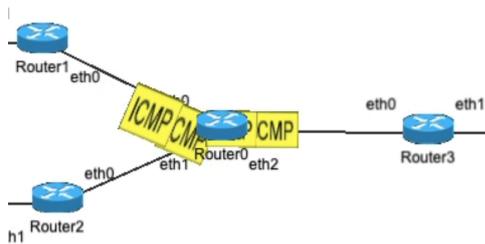


図5 シェーピングの描画

に設定されたクラスが1つ存在するため、デフォルトで存在するキューと合わせ2つのキューオブジェクトを描画している。

- ・ シェーピング

入力パケットと出力パケットのタイムスタンプの差分とパケットサイズを取得する。パケットサイズをタイムスタンプの差分で割り、得られた値に合わせてパケットオブジェクトの高さを変更する。シェーピングによって生じた遅延によりパケットオブジェクトの高さを低く描画することで送出レートの抑制の様子を表現する。これによりクラスごとに設定したシェーピングの表現も可能となる。シェーピング描画の様子を図5に示す。図5ではRouter0に対し、シェーピングの設定を実施することでRouter3を宛先として送信されるパケットの送信レートを抑制した。Router1からRouter0へ送信されるパケットが受ける遅延の大きさとRouter0からRouter3へ送信されるパケットが受ける遅延の大きさの違いからパケットオブジェクトの高さが変化していることが分かる。

4. 実験

動作検証実験と性能評価実験を予定している。動作検証実験では、QoS制御のアニメーションが適切に動作するかの確認を目的とし、ルータの設定内容や統計情報とアニメーション動作を比較し、動作の妥当性について評価する。

また、性能評価実験では本システムが利用できるネットワークの最大規模の推定を目的とし、ルータ2台を接続しCPU使用率やアニメーション生成に要する時間を計測する。その後、接続するルータの台数を増やしながら計測と評価を実施することで最大規模のネットワークを推定する。

5. 結論

本研究では、QoS制御の動作を視覚的に確認できる環境を提供すること目的としたQoS制御可視化システムを開発した。本システムを用いることでルータ内部でのQoS制御の動作を可視化することができる。

本システムはネットワーク管理者が設定したQoS制御がどのように作用するか検証する動作検証システムとしての利用やネットワークエンジニアなどを対象とした学習システムとしての利用を想定している。統計情報からだけではなく視覚的な情報をもとに動作の検証を実施することでネットワーク構築時の意思決定や構築したネットワークの通信品質向上の一助となることが期待できる。また、本システムを用いて学習を実施することでQoS制御の仕組みについてより深い理解を得ることが期待できる。今後の課題としてQoS制御アニメーションの視認性の向上などが挙げられる。

参考文献

- [1] 総務省：令和3年度情報通信白書, 入手先<<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/pdf/index.html>>(参照 2022-07-05).
- [2] 総務省：インターネットトラフィック研究会報告書, 入手先<https://www.soumu.go.jp/main_content/000752366.pdf>(参照 2022-07-05).
- [3] Nobukazu Iguchi : Development of a self-study and testing function for NetPowerLab, an IP networking practice system, International Journal of SpaceBased and Situated Computing, Vol.4 pp.175-183 (2014).
- [4] 立岩佑一郎, 安田孝美, 横井茂樹：仮想環境ソフトウェアに基づくLAN構築技能とTCP/IP理論の関連付け学習のためのネットワーク動作可視化システムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.4, pp1684-1694 (2007).
- [5] 鈴木宏栄, 衛藤将史, 井上大介：実ネットワークトラフィック可視化システムNIRVANAの開発と評価, 情報通信研究機構季報, Vol.57, No.3, pp.63-80(2011).